利用生命表评价白蛾周氏啮小蜂对美国白蛾的控制作用

魏建荣，杨忠岐*，苏　智

（中国林业科学研究院森林生态环境与保护研究所，北京　100091）

摘要：为了研究白蛾周氏啮小蜂对侵入性害虫——美国白蛾的控制作用，在山东省烟台市美国白蛾发生区，选择美国白蛾发生程度中等的两块样地，一块样地作为释放白蛾周氏啮小蜂防治美国白蛾的防治区，另一块样地作为对照区。应用生命表技术，连续2年共4代对美国白蛾种群数量进行定点观察。防治区每代美国白蛾在化蛹初期和化蛹盛期各放蜂1次，即每代美国白蛾共放蜂2次。将2年的第1代和第2代观测数据分别综合平均，制成4个生命表。结果表明，在放蜂防治区，第1代和第2代美国白蛾的种群趋势指数（*I*）分别为0.29和0.14，说明下代美国白蛾种群数量将急剧下降；放蜂区的*I*值显著小于对照区的8.74和4.48。生命表研究结果清楚地表明，通过人工释放白蛾周氏啮小蜂能够达到良好的控制美国白蛾的效果。

关键词：美国白蛾；白蛾周氏啮小蜂；生命表；生物防治

中图分类号：Q968；S435　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：0454-6296（2003）03-0318-07

Use of life table to evaluate control of the fall webworm by the parasitoid *Chouioia cunea*（Hymenoptera：Eulophidae）

WEI Jian-Rong，YANG Zhong-Qi，SU Zhi（Research Institute of Forest Ecology，Environment and Protection，Chinese Academy of Forestry，Beijing　100091，China）

Abstract：In order to evaluate biocontrol effect of an invasive pest，the fall webworm *Hyphantria cunea*，by the parasitoid *Chouioia cunea*（Hymenoptera：Eulophidae），life tables of four generations of the pest were consecutively studied for two years in Yantai，Shandong Province. Two experimental sites were selected where the fall webworm was still a big problem but not so serious as some years ago. In one of the sites the parasitoid was released twice in each fall webworm generation，at the beginning and peak period of pupation，while the other site served as the control. The average data of observations for the 1st generations of the fall webworm in two years were combined to make one life table for the test site and the average data of the observations for the 2nd generation of fall webworm were used to make another life table. Similarly，the average data of observations from the control site were used to make two other life tables. The results show that the trend indexes of population（*I*-value）of 1st and 2nd generations of the fall webworm at the test site，0.29 and 0.14 respectively，were significantly lower than that at the control site，8.74 and 4.48 respectively. The pest population clearly declined at the test site and appeared to have been effectively controlled by the parasitoid.

Key words：*Hyphantria cunea*；*Chouioia cunea*；life table；biological control

美国白蛾 *Hyphantria cunea* Drury（鳞翅目：灯蛾科）是一种食性杂、繁殖力强、适应性广、极易暴发成灾的重要国际性检疫害虫，自1979年传入我国以来，已对农林、园林植物造成严重危害，造成了巨大的经济损失，而且还在蔓延扩散（于长义，1993）。以化学防治为主的防治措施只能收到暂时的效果，而且容易使美国白蛾产生抗药性，且污染环境。白蛾周氏啮小蜂 *Chouioia cunea* Yang（小蜂总科：姬小蜂科）是群集内寄生于美国白蛾蛹的一种重要天敌昆虫。这种小蜂个体小、雌雄性

基金项目：国家杰出青年科学基金项目（39625020）；原国家林业部重点课题（96-52）

作者简介：魏建荣，男，1972年11月生，山西忻州人，硕士，助理研究员，从事害虫生物防治研究，E-mail：weijr9@yahoo.com.cn

* 通讯作者 Author for correspondence，E-mail：yangzq@prot.forestry.ac.cn

收稿日期 Received：2002-06-18；接受日期 Accepted：2003-03-20

比高、繁殖量大、搜寻寄主能力强，易于人工繁殖，是防治美国白蛾的有效天敌昆虫（杨忠岐，1990）。为了探讨通过释放利用白蛾周氏啮小蜂能否达到持续控制美国白蛾的效果，我们研究了美国白蛾的生命表，连续二年对四代美国白蛾的种群动态进行了观察，现将结果整理如下。

1　材料和方法

1.1　试验点

试验地点选在山东省烟台市莱山区美国白蛾危害严重的地段，设放蜂防治试验区和不进行任何防治的对照区两块样地。放蜂防治区面积为 0.14 hm^2，寄主树种为法桐 *Platanus orientalis* L.，共 119 株，栽植较为稠密，鸟类等天敌较多。对照区面积为 0.27 hm^2，寄主树种为白蜡 *Fraxinus chinensis* Rosb.，共 63 株。两种寄主树木均为美国白蛾嗜食的树种，两块样地相距约 2 公里，分别选定适于观察记录的样树 20 株。试验期间排除施用任何化学农药和其他防治措施。

1.2　调查方法

应用特定年龄生命表技术（吴坤君等，1978；丁岩钦，1994；苏战平等，2002），研究美国白蛾不同虫期和幼虫不同龄期的死亡情况及死亡原因，每天记录天气等生态因子的变化情况。

1.2.1　成虫产卵前期：美国白蛾雌成虫的产卵前期为羽化后 24～36 h，在这期间，雌蛾有可能被天敌捕食。取刚羽化未交尾的美国白蛾雌虫，为了防止其飞走或逃逸，用棉线绑在一个前翅基上，然后挂于试验地样树上。24 h 后统计被捕食率或自然死亡情况。

1.2.2　卵期：分别在美国白蛾成虫产卵初期、盛期、末期，在野外采集美国白蛾卵块，统计卵粒数量后标号，挂于样树上。同时在样树上挂一部分雌蛾，以招引雄蛾进行交尾产卵，然后统计产卵量。当卵块逐渐变色即将孵化时，将卵块取回，统计卵粒的被捕食率；然后将完好的卵置于试管内，用脱脂棉塞紧管口，置于室内，待其孵化，统计被天敌寄生的寄生率和白蛾幼虫孵化率。同时将一部分即将孵化的卵块统计数量后挂于样树上，每块样地挂卵块 25 个以上，观察每一卵块的孵化时间。待幼虫孵化完毕后取回剩余未孵化的卵块，统计孵化率和被寄生情况。

1.2.3　1～3 龄幼虫期：1～3 龄幼虫期为大网幕幼虫期，即每个卵块所有卵孵化后均集中生活于一个网幕内取食为害。所以在 1～3 龄幼虫期，每天观察天敌捕食或者寄生情况。同时将所挂初孵幼虫的 1/3 用 100×100 目的尼龙细纱网在树上罩住，阻止天敌捕食或寄生，以此作为确定不良气候因素的致死率。

1.2.4　4 龄～老熟幼虫期：4 龄幼虫为小网幕幼虫期，即从大网幕分散形成 3～4 个小网幕，在其中取食为害，5 龄以后刚完全分散为害，不再形成网幕，是其暴食期。每块样地选 10 株样树，每株样树上有一个幼虫网幕。对照区与放蜂区轮换每天观测。统计幼虫龄期及虫口数量，并在样地处及附近抓回跑失的幼虫。记录被捕食数量，查清捕食性天敌种类；被寄生的幼虫带回室内饲养以调查寄生性天敌。另外，每块样地罩 5 个 100×100 目细纱笼，每笼罩 4 龄初期的幼虫 50 头。挂于样树上饲养直至其化蛹，观察在排除寄生、捕食因素后的自然死亡情况；每块样地另罩 5 个 14×14 目粗纱网做成的 1.2 m×0.8 m×0.8 m 大纱笼，以防止鸟类的捕食。这种粗纱笼的网眼大小可允许寄生性天敌进入，每笼饲养 120 头 4 龄初期的幼虫，直至化蛹。

在美国白蛾 5 龄幼虫分散为害期，在样地外选 1 株有美国白蛾网幕的树，连续 3 天从天亮前到黄昏鸟类停止活动后这段时间内专人驱赶鸟类以消除鸟类等捕食的影响，并在树冠投影范围内铺白布以接收从树上掉下的幼虫，观察、记录美国白蛾幼虫的跑失率。

1.2.5　蛹期：美国白蛾成熟幼虫从树干上爬下到树皮裂缝及树干基部附近的隐蔽场所化蛹，在树干下部绑草把的方法可以诱集其在草把中化蛹，因此，在老熟幼虫期在树干上绑草把，每两天检查一次，以确定美国白蛾化蛹的初期、盛期、末期的时间。由于白蛾周氏啮小蜂寄生于美国白蛾蛹，而且有在老熟幼虫期就附着于白蛾体表等待化蛹后寄生的习性，所以小蜂的释放分别在寄主的化蛹初期和盛期进行。以 1 头寄主 5 头蜂的比例确定放蜂量。选择晴天无风或微风天气，在化蛹初期和盛期各释放白蛾周氏啮小蜂 1 次。在成虫即将羽化前采集蛹，统计蛹的被捕食量，其余的完整好蛹置于室内饲养，待美国白蛾蛹期天敌羽化出后统计寄生率，鉴定寄生蜂种类。另外，在化蛹盛期时在样地分散放置室内饲养的 200 头蛹，蛹期结束时取回统计被捕食率，以较正绑草把收集的蛹的被捕食率。

1.3　生命表的组建和种群趋势指数（*I*）的计算

美国白蛾生命表中不同龄期的种群存活数（L_x）的计算：先用平均龄期法计算出该龄中期存活的个体数 l_x，再用公式 $L_x = (l_x + l_{x+1})/2$ 折算成该龄开始时的存活个体数。

I = 预计下代卵量/当代卵量。

2　结果

美国白蛾在山东烟台、辽宁大连等我国北方发生区一年能完成完整的两个世代，部分地方可发生第三代，但第三代绝大多数不能完成全部发育阶段。在野外能够完成完整世代的每年只有 2 代，因此，每年我们观测 2 个世代，两年共观测了 4 个完整的美国白蛾发生世代。在烟台，第 1 代和第 2 代幼虫龄期表现不同，根据在野外的观察，第一代幼虫有 6 个龄期，第二代幼虫有 7 个龄期。现将 1998 年和 1999 年 2 年的第 1 代和第 2 代美国白蛾生命表观测资料分别综合，取其平均值组建成第 1 代和第 2 代试验区和对照区各 2 个生命表（表 1～4）。

同时，我们还在野外采集大量美国白蛾卵块，统计每一卵块的卵粒数。第一代共统计了 121 个卵块，每个卵块的平均卵粒数为 906 粒。第二代共统计了 61 个卵块，每个卵块的平均卵粒数为 897 粒。另外，我们前后共统计分析 2 000 头美国白蛾雌雄成虫，发现美国白蛾雌雄性比接近于 1:1。

2.1　第一代美国白蛾的种群生命表

表 1 为放蜂区两年第 1 代美国白蛾的平均生命表，由表中数据计算得种群趋势指数：$I = 0.3$。

表 1　第 1 代放蜂区美国白蛾生命表（1998 年和 1999 年平均值）

Table 1　Mean life table of the first generation of *Hyphantria cunea* in the parasitoid-release area in 1998 and 1999

发育期（X）Stages	进入该发育期活虫数 lx	死亡原因 dxF	造成的死亡数 dx	死亡率（%）$q \times 100$	存活率（%）$Sx \times 100$
卵期 egg	10 000	捕食性天敌 predators	461.4	4.6	
		未孵化 failed to hatch	6.9	0.1	95.3
1～3 龄 1st－3rd instar larvae	9 531.7	捕食性天敌 predators	4 929.5	51.7	
		干死 desiccation	2 518.6	26.4	21.9
4 龄 4th instar larvae	2 083.6	捕食性天敌 predators	431.1	20.7	
		自然死亡和感病死亡 disease and unknown factors	27.7	1.3	78.0
5 龄 5th instar larvae	1 624.8	捕食性天敌 predators	889.0	54.7	
		染病 disease	18.2	1.1	44.2
6 龄 6th instar larvae	717.6	捕食性天敌 predators	640.6	89.3	
		盘绒茧蜂寄生 parasitoid *Cotesia gregalis*（Braconidae）	0.9	0.1	
		染病 disease	29.4	4.1	6.5
蛹期 pupae	46.8	捕食性天敌 predators	15.6	33.3	
		白蛾周氏啮小蜂寄生 parasitoid *Chouioia cunea*	23.4	50.0	16.7
成虫 adult	7.8	捕食性天敌 predators	0.9	11.5	
		自然死亡 natural factors	0.4	5.1	83.4
成虫性比 adult sex ratio（♀:♂）	1:1				
产卵雌虫数 number of females-ovipositing	3.3				
平均产卵量 average egg production	906 ± 40.1（置信率 95%）				
预计下代卵量 expected number of eggs in next generation	2 989.8				

注 Notes：捕食者主要包括麻雀、灰喜鹊等鸟类及蜘蛛、草蛉、步甲、胡蜂、蚂蚁等节肢动物类捕食者，后同 The predators include avifauna such as sparrow and azure-winged magpie, and arthropods such as spiders, wasps, ants, beetles *Carabidae*, *Chrysopa* spp. etc. The same for the following tables.

表 2 为对照区两年第 1 代美国白蛾的平均生命表，由表中内容计算出种群趋势指数：$I = 8.7$。

将上述表 1 和表 2 的种群趋势指数（I）进行比较，可以看出第 1 代美国白蛾在白蛾周氏啮小蜂的控制下种群数量不再呈增长趋势。而对照区的美国白蛾种群数量在下一代明显呈继续增长趋势。

2.2　第二代美国白蛾的种群生命表

表 3 为第 2 代放蜂区美国白蛾的平均生命表，由表中数据计算出美国白蛾的种群趋势指数：$I = 0.1$。

表 4 为第 2 代对照区美国白蛾的平均生命表，由表中数据计算出美国白蛾的种群趋势指数：$I = 4.5$。

表 2　第 1 代对照区美国白蛾生命表（1998 年和 1999 年平均值）

Table 2　Mean life table of the first generation of *H*. *cunea* in the control area in 1998 and 1999

发育期（*X*） Stages	进入该发育期活虫数 *lx*	死亡原因 *dx*F	造成的死亡数 *dx*	死亡率（%） $q \times 100$	存活率（%） $Sx \times 100$
卵期 egg	10 000	捕食性天敌 predators	486.5	4.9	
		未孵 failed to hatch	311.4	3.1	92.0
1～3 龄 1st－3rd instar larvae	9 202.1	捕食性天敌 predators	2 684.1	29.2	
		绒茧蜂寄生 parasitoid *Dolichogenidea singularis*（Braconidae）	13.0	0.1	
		干死 desiccation	4 565.4	49.6	21.1
4 龄 4th instar larvae	1939.7	捕食性天敌 predators	579.0	29.8	
		自然死亡和感病死亡 disease and unknown factors	30.8	1.6	68.6
5 龄 5th instar larvae	1 329.9	捕食性天敌 predators	374.6	28.2	
		自然死亡 natural factors	29.2	2.2	69.6
6 龄 6th instar larvae	926.1	捕食性天敌 predators	585.5	63.2	
		绒茧蜂寄生 parasitoid *C*. *gregalis*	11.4	1.2	
		日本追寄蝇寄生 parasitoid *Exorista japonica*（Tachinidae）	3.3	0.4	
		染病 disease	32.4	3.5	31.7
蛹期 pupae	293.6	捕食性天敌 predators	35.7	12.2	
		日本追寄蝇寄生 parasitoid *Exorista japonica*	1.6	0.5	
		白蛾周氏啮小蜂寄生 parasitoid *C*. *cunea*	19.5	6.6	
		金小蜂寄生 parasitoid *Conomorium cunea*（Pteromalidae）	3.2	1.1	
		真菌寄生 parasitized by fungi	4.9	1.7	
		蛹干死 desiccation	9.7	3.3	74.6
成虫 adult	219.0	捕食性天敌 predators	11.4	5.2	
		自然死亡 natural factors	14.6	6.7	88.1
成虫性比 adult sex ratio（♀∶♂）	1∶1				
产卵雌虫数 number of females-ovipositing	96.5				
平均产卵量 average egg production	906 ± 40.1 （置信率 95%）				
预计下代卵量 expected number of eggs in next generation	87 429				

表 3 第 2 代放蜂区美国白蛾生命表（1998 年和 1999 年平均值）

Table 3 Mean life table of the second generation of *H. cunea* in the parasitoid-release area in 1998 and 1999

发育期（X） Stages	进入该发育期活虫数 lx	死亡原因 dxF	造成的死亡数 dx	死亡率（%） $q\times100$	存活率（%） $Sx\times100$
卵期 egg	10 000	捕食性天敌 predators	208.1	2.1	
		未孵 failed to hatch	238.7	2.4	95.5
1～3 龄 1st–3rd instar larvae	9 553.2	捕食性天敌 predators	2 405.5	25.2	
		自然死亡 natural factors	3 629.2	38.0	36.8
4 龄 4th instar larvae	3 518.5	自然死亡、病死以及捕食性天敌捕食 predators, disease and unknown factor	872.7	24.8	75.2
5 龄 5th instar larvae	2 645.8	捕食性天敌 predators	1 652.8	62.4	
		染病 disease	52.3	2.0	35.6
6 龄 6th instar larvae	940.7	捕食性天敌 predators	610.2	64.9	
		绒茧蜂寄生 parasitoid *C. gregalis*	1.2	0.1	
		感病死亡 died of diseases	7.7	0.8	34.2
7 龄 7th instar larvae	321.6	捕食性天敌 preyed	253.6	78.8	
		绒茧蜂寄生 parasitized by *C. gregalis*	6.4	2.0	
		染病 disease	10.9	3.4	15.8
蛹期 pupae	50.7	捕食性天敌 predators	12.1	23.8	
		日本追寄蝇寄生 parasitoid *E. japonica*	1.2	2.4	
		白蛾周氏啮小蜂寄生 parasitoid *C. cunea*	32.6	64.3	
		广大腿小蜂寄生 parasitoid *Brachymeria lasus*（Chalcididae）	1.2	2.4	7.1
成虫 adult	3.6	捕食性天敌 predators	0.1	3.9	
		自然死亡 natural factors	0.4	12.0	84.1
成虫性比 adult sex ratio（♀:♂）	1:1				
产卵雌虫数 number of females-ovipositing	1.5				
平均产卵量 average egg production	897 ± 55.0（置信率 95%）				
预计下代卵量 expected number of eggs in next generation	1 345.5				

表 4　第 2 代对照区美国白蛾生命表（1998 年和 1999 年平均值）

Table 4　Mean life table of the second generation of *H*. *cunea* in the control area in 1998 and 1999

发育期（*X*） Stages	进入该发育期活虫数 *lx*	死亡原因 *dx*F	造成的死亡数 *dx*	死亡率（%） *q*×100	存活率（%） *Sx*×100
卵期 egg	10 000	捕食性天敌 predators	190.5	1.9	
		未孵 failed to hatch	1 568.3	15.7	82.4
1～3 龄　1st－3rd instar larvae	8 241.3	捕食性天敌 predators	2 052.7	24.9	
		自然死亡 natural factors	2 913.2	35.4	39.7
4 龄 4th instar larvae	3 275.3	自然死亡、病死和捕食性天敌捕食 prdators，disease and unknown factors	939.3	28.7	71.3
5 龄 5th instar larvae	2 336.0	捕食性天敌 predators	778.3	33.3	
		染病 disease	51.7	2.2	64.5
6 龄 6th instar larvae	1 506.0	捕食性天敌 predators	670.1	44.5	
		日本追寄蝇寄生 parasitized by *E*. *japonica*	2.4	0.2	
		感病死亡 died of diseases	82.3	5.4	49.9
7 龄 7th instar larvae	751.2	捕食性天敌 preyed	344.5	45.9	
		白蛾聚集绒茧蜂寄生 parasitized by *C*. *gregalis*	10.6	1.4	
		日本追寄蝇寄生 parasitoid *E*. *japonica*	8.2	1.1	
		舞毒蛾黑瘤姬蜂寄生 parasitoid *Coccygomimus disparis*（Ichneamonidae）	3.5	0.5	
		染病 disease	44.7	5.9	45.2
蛹期 pupae	339.8	捕食性天敌 predators	23.5	6.9	
		日本追寄蝇寄生 parasitoid *E*. *japonica*	23.5	6.9	
		周氏啮小蜂寄生 parasitoid *C*. *cunea*	43.5	12.8	
		广大腿小蜂寄生 parasitoid *B*. *lasus*	68.2	20.1	
		金小蜂寄生 parasitoid *C*. *cunea*	5.9	1.7	
		腐烂、干死等 desiccation or rotted	54.1	15.9	35.6
成虫 adult	121.1	捕食性天敌 predators	2.4	2.0	
		自然死亡 natural factors	18.8	15.5	82.5
成虫性比 adult sex ratio（♀:♂）		1:1			
产卵雌虫数 number of females-ovipositing		50.0			
平均产卵量 average egg production		897±55.0 （置信率 95%）			
预计下代卵量 expected number of eggs in next generation		44 850			

3　讨论

从表 1～4 可以看出，气候因素和鸟类捕食是美国白蛾幼虫期的重要致死因素。放蜂区美国白蛾蛹期的主要致死因子是白蛾周氏啮小蜂的寄生，并且由于放蜂区没有使用化学农药，保护了其它寄生性天敌，在多种天敌的综合作用下，美国白蛾蛹的存活率大大降低。而对照区美国白蛾蛹期的死亡率则较低。从种群趋势指数（*I*）的比较来看，无论

是第1代还是第2代美国白蛾，释放白蛾周氏啮小蜂区的 I 值均小于1，表明下代种群数量将显著呈下降趋势，说明释放白蛾周氏啮小蜂对美国白蛾的种群扩张起到了显著的抑制作用。而对照区美国白蛾各阶段死亡率虽然也较高，但由于美国白蛾产卵量大，孵化率高，导致两代的种群趋势指数 I 值仍大于1，表明其下代的种群数量将继续呈增长的发展趋势。

通过对美国白蛾生命表的研究可以看出，在美国白蛾化蛹初期和盛期各释放一次白蛾周氏啮小蜂，可以达到有效控制美国白蛾的效果。本研究结果表明，以利用白蛾周氏啮小蜂为主的生物防治技术不但在释放的当代可以有效寄生消灭美国白蛾，更重要的是对其下代的发生起到了极其显著的抑制作用，使其以后的种群数量达到完全控制的程度，达到对美国白蛾的持续控制效果。

致谢 本工作得到烟台市森保站的大力支持和协助，谨致谢意。

参 考 文 献 (References)

Ding Y Q, 1994. Insect Mathematical Ecology. Beijing: Science Press. 153 – 201. [丁岩钦, 1994. 昆虫数学生态学. 北京: 科学出版社. 153 – 201]

Su Z P, Zhang X X, Zhai B P, 2002. Simulation and prediction of population dynamics of the fifth generation of *Helicoverpa armigera* (Hübner) in Jiangsu Province. *Acta Entomol. Sin.*, 45 (4): 465 – 470. [苏战平, 张孝羲, 翟保平, 2002. 江苏棉区第5代棉铃虫种群动态的模拟与预测. 昆虫学报, 45 (4): 465 – 470]

Wu K J, Chen Y P, Li M H, 1978. Life tables for experimental populations of the cotton bollworm, *Heliothis armigera* (Hübner), at different temperatures. *Acta Entomol. Sin.*, 21 (4): 385 – 392. [吴坤君, 陈玉平, 李明辉, 1978. 不同温度下的棉铃虫实验种群生命表. 昆虫学报, 21 (4): 385 – 392]

Yang Z Q, 1990. Effective natural enemy of fall webworm——*Chouioia cunea* Yang. *For. Pest Dis.*, (2): 17. [杨忠岐, 1990. 美国白蛾的有效天敌——白蛾周氏啮小蜂. 森林病虫通讯, (2): 17]

Yu C Y, 1993. Retrospection of fall webworm control work and future countermeasure. *For. Pest Dis.*, (4): 35 – 37. [于长义, 1993. 美国白蛾防治工作回顾及今后防治对策. 森林病虫通讯, (4): 35 – 37]